

В. О. ЛЕЩИНСЬКИЙ, І. О. ЛЕЩИНСЬКА

ВИКОРИСТАННЯ ПРИНЦИПІВ ЛОКАЛЬНОСТІ ТА ЗВ'ЯЗНОСТІ КОНТЕКСТУ В РЕКОМЕНДАЦІЙНИХ СИСТЕМАХ

Досліджено проблему релевантності вхідних даних в рекомендаційних системах. Дана проблема виникає внаслідок недостатньої диференціації даних про товари відносно споживачів, що не дозволяє в повній мірі індивідуалізувати їх вподобання в рекомендаційній системі. Для вирішення цієї проблеми пропонується враховувати локальні контексти споживачів, що відповідають умовам їх вибору. Використання контексту дає можливість задати контекстні обмеження на можливі варіанти упорядкованого переліку рекомендацій і тим самим підвищити якість роботи рекомендаційної системи. З метою забезпечити контекстно-орієнтовані рекомендації пропонується послідовно узагальнити та відфільтрувати локальні контексти споживачів з використанням принципів локальності і зв'язності. Особливістю використання цих принципів полягає у тому, що поєднуються статичний та динамічний аспекти контексту. Перший аспект характеризується множиною властивостей об'єктів, які цікавлять споживача. Другий аспект задається у вигляді патернів подій, що відображують поведінку споживача відносно цих об'єктів. Запропонований зв'язок між аспектами полягає в тому, що кожна подія відповідає парі послідовних множин властивостей об'єктів, які відрізняються одним значенням властивості. Запропоновано двохфазовий підхід до формування контексту прийняття рішень для рекомендаційної системи, що передбачає послідовну інтеграцію статичної та динамічної складових контексту. При інтеграції використовуються відношення еквівалентності, схожості та сумісності. При реалізації першої фази формується item-based, а другої – user-based опис контексту. Потім ці описи поєднуються та фільтруються у відповідності до властивостей нового споживача, якому видаються рекомендації. Практичне значення запропонованого підходу полягає в тому, що він дозволяє видалити не релевантні вхідні дані з урахуванням контексту прийняття рішень споживачем і на цій основі підвищити точність рекомендацій.

Ключові слова: рекомендаційні системи, ранжування результатів; контекст прийняття рішень, рекомендаційні системи, локальність, зв'язність.

В. А. ЛЕЩИНСКИЙ, И. А. ЛЕЩИНСКАЯ

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРИНЦИПОВ ЛОКАЛЬНОСТИ И СВЯЗНОСТИ КОНТЕКСТА В РЕКОМЕНДАТЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ

Исследована проблема релевантности входных данных в рекомендательных системах. Данная проблема возникает вследствие недостаточной дифференциации данных о товарах относительно потребителей, что не позволяет в полной мере индивидуализировать их предпочтения в рекомендательной системе. Для решения этой проблемы предлагается учитывать локальные контексты потребителей, отражающие условия принятия выбора этими потребителями. Использование контекста позволяет задать контекстные ограничения на возможные варианты упорядоченного перечня рекомендации и тем самым повысить качество работы рекомендательной системы. С целью обеспечить контекстно-ориентированные рекомендации предлагается последовательно обобщить и отфильтровать локальные контексты потребителей с использованием принципов локальности и связности. Особенность использования этих принципов заключается в том, что сочетаются статический и динамический аспекты контекста. Первый аспект характеризуется множеством свойств объектов, которые интересуют потребителя. Второй аспект задается в виде паттернов событий, отражающих поведение потребителя относительно этих объектов. Предложенная связь между аспектами заключается в том, что каждое событие соответствует паре последовательных множеств свойств объектов, которые отличаются одним значением свойства. Предложен двухфазный подход к формированию контекста принятия решений для рекомендательной системы, предусматривающий последовательную интеграцию статической и динамической составляющих контекста. При интеграции используются отношения эквивалентности, сходства и совместности. При реализации первой фазы формируется item-based, а второй – user-based описание контекста. Затем эти описания сочетаются и фильтруются в соответствии с характеристиками нового потребителя, которому выдаются рекомендации. Практическое значение предложенного подхода заключается в том, что он позволяет удалить нерелевантные входные данные с учетом контекста принятия решений потребителем и, на этой основе, повысить точность рекомендаций.

Ключевые слова: рекомендательные системы, ранжирование результатов; контекст принятия решений, рекомендательные системы, локальность, связность.

V. LESHCHYNSKYI, I. LESHCHYNSKA

USING PRINCIPLES OF LOCALITY AND CONNECTIVITY OF THE CONTEXT IN RECOMMENDER SYSTEMS

The problem of the relevance of input data in advisory systems is investigated. This problem arises due to insufficient differentiation of data on goods relative to consumers, which does not allow to fully individualize their preferences in the advisory system. To solve this problem, it is suggested to take into account the local contexts of consumers, reflecting the conditions for the acceptance of the choice by these consumers. Using the context allows you to set contextual constraints on possible variants of an ordered list of recommendations and thereby improve the quality of the recommendation system. In order to provide context-oriented recommendations, it is proposed to consistently generalize and filter out the local contexts of consumers using the principles of locality and connectivity. The peculiarity of using these principles is that the static and dynamic aspects of the context are combined. The first aspect is characterized by a set of properties of objects that are of interest to the consumer. The second aspect is given in the form of patterns of events reflecting the consumer's behavior with respect to these objects. The proposed relationship between the aspects is that each event corresponds to a pair of successive sets of object properties that differ in one property value. A two-phase approach to the formation of a decision-making context for a recommendation system is proposed, which provides for the consistent integration of the static and dynamic components of the context. Integration uses an equivalence, similarity and compatibility relationship. When the first phase is implemented, item-based is formed, and the second is a user-based context description. Then these descriptions are combined and filtered in accordance with the characteristics of the new consumer to whom the recommendations are issued. The practical significance of the proposed approach is that it allows you to delete irrelevant input data taking into account the context of the decision-making by the consumer and, on this basis, improve the accuracy of the recommendations.

Keywords: recommender systems, ranking of results; decision making context, reference systems, locality, connectivity

Вступ. Рекомендаційні системи – це системи, що використовуються для підтримки рішень споживача шляхом формування рекомендацій відносно їх можливих вподобань в рамках існуючих обмежень предметної області. Рекомендації містять впорядковану множину об'єктів, що можуть бути цікавими для споживача. В якості цікавих для користувача об'єктів в таких системах зазвичай розглядають новини, музику, фільми, промислові товари, тощо [1–3].

Головна концепція, яка лежить в основі створення рекомендаційних систем, полягає в тому, що на практиці користувачі при прийнятті повсякденних, типових рішень використовують рекомендації інших користувачів, що вже здійснили вибір в цій же предметній області [1].

Рекомендаційні системи знайшли широке практичне застосування у сфері здійснення онлайн-покупок в системах електронної комерції. Вони надають підтримку користувачам, які не мають достатньо досвіду та знань для виконання вибору в разі наявності значної кількості альтернативних варіантів [4,5]. Наприклад, веб-сайт Amazon.com використовує рекомендаційні системи для персоналізації свого магазину шляхом створення адаптованого для кожного користувача упорядкованого переліку товарів [6].

При побудові упорядкованого списку рекомендаційна система намагається визначити найбільш придатні для користувача товари та сервіси з урахуванням його вподобань та обмежень. Для знаходження вподобань користувача рекомендаційна система обробляє дані про його покупки, перегляди, про виставлені ним рейтинги товарів, а також аналогічні дані подібних користувачів. В якості таких даних може, наприклад, бути використана інформація про навігацію на сторінці сайту. Дана інформація допомагає виявити, які товари зацікавили користувача на вибраній ним сторінці.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Одним із базових підходів до побудови рекомендацій є колаборативна фільтрація (collaborative filtering) [3, 6]. Методи колаборативної фільтрації передбачають відбір товарів по схожості користувачів або користувачів по схожості об'єктів, які є для них цікавими [1]. Однією з ключових проблем, що виникає при використанні колаборативної фільтрації, є проблема релевантних даних [1, 7, 8].

Дана проблема пов'язана з недостатньою диференціацією даних про товари відносно споживачів, що не дозволяє в повній мірі індивідуалізувати їх вподобання в рекомендаційній системі.

Проблема релевантності даних для формування оцінок є характерною для нових рекомендаційних систем і в цьому випадку має назву проблеми «холодного старту». Тобто на початку свого функціонування рекомендаційна система не містить достатню кількість оцінок користувачів щодо нових об'єктів для того, щоб формувати релевантні рекомендації [9, 10].

Для вирішення наведеної проблеми при побудові рекомендацій доцільно використовувати контекстну

інформацію [8, 11, 12]. Використання додаткової інформації про контекст дозволяє відфільтрувати нерелевантну інформацію та не враховувати її при реалізації колаборативної фільтрації.

Однак існуючі підходи до використання контексту в рекомендаційних системах базуються в першу чергу на порівнянні ситуацій (наприклад, реальної і уявної) як сукупності об'єктів без урахування динамічного аспекту у вигляді сукупності подій, що супроводжують ці ситуації [13, 14].

В той же час контекст рекомендаційної системи може бути сформований шляхом встановлення зв'язків між локальними контекстами споживачів на основі спільних для них елементів, що і визначає актуальність теми даної статті.

Метою даної статті є розробка підходу до формування контексту прийняття рішень для рекомендаційної системи на основі принципів локальності та зв'язності з тим, щоб персоналізувати рекомендації споживачам та підвищити ефективність роботи таких систем.

Для досягнення мети вирішуються такі задачі:

- структуризація знань про контекст прийняття рішень користувачів при виборі товарів або послуг;
- уточнення циклу взаємодії споживачів на основі використання контексту прийняття рішень;
- розробка підходу до формування контексту в рекомендаційній системі з урахуванням принципів локальності та зв'язності контекстів окремих споживачів.

Структуризація контексту прийняття рішень в рекомендаційних системах. Рекомендаційні системи забезпечують підтримку вибору споживачем одного із значної множини альтернативних об'єктів.

При виборі споживач враховує як свої персональні вподобання, поточний стан предметної області. Останній, зокрема, характеризується часовим та просторовим аспектами та відображає вподобання інших користувачів, наявність інформації об'єкти, про вподобання, тощо.

Проведений аналіз структури контексту [7, 8, 11, 12] показав, що він характеризується статичною та динамічною складовими (рис.1).

Перша складова характеризує перелік об'єктів, з якими взаємодіє споживач при виконанні вибору. Друга складова характеризує поведінку цих об'єктів.

Інформація про поведінку об'єктів фіксується у вигляді подій, наприклад: поява тізера нового фільму; поява детальної інформації про фільм на сайтах в мережі Інтернет; початок показу фільму в кінотеатрах країни, тощо. Послідовність подій відображає життєвий цикл відповідного продукту. Кожна нова подія змінює властивості фільму з точки зору користувача. Наприклад, цікавий тізер, позитивні рецензії на сайтах огляду фільмів та інформація про ключових акторів підвищують важливість перегляду цього фільму для користувача; інформація із реклами лікарського засобу, що доповнена інформацією про його склад, змінює властивості цього засобу для користувача.



Рис. 1. Структуризація знань про контекст прийняття рішень користувачами рекомендаційної системи

Відповідно, для інтеграції обох складових динамічні характеристики контексту доцільно представляти у вигляді набору подій, що змінюють значення властивостей об'єктів, з якими взаємодіє споживач.

Знання про ці складові можуть мати такі форми: явна, неявна, за замовчуванням.

Знання в явній формі повністю задають контекст прийняття вибору або його складові. Знання в неявній формі мають неформальне й невербальне представлення і тому не можуть бути безпосередньо використані для фільтрації рекомендацій.

Знання за замовчуванням відносяться до загальних знань про предметну область. Тобто вони формують контекст, вони є формалізованими, але безпосередньо не представлені в рамках опису умов вибору об'єктів споживачем.

На основі проведеної структуризації сформулюємо визначення контексту прийняття рішень в рекомендаційних системах.

Визначення. Контекстом прийняття рішень в рекомендаційних системах є підмножина фізичних та віртуальних об'єктів предметної області, з якими взаємодіє споживач при реалізації свого, можливо множинного, вибору, та кожен із яких характеризується множиною значень своїх властивостей і множиною подій, що виникають з ними.

Запропоноване визначення контексту відрізняється від традиційних [7, 8] тим, що поєднує характеристики контексту як з точки зору користувача, так і з точки зору використання в рекомендаційній системі.

З точки зору користувача контекст є моделлю взаємодії об'єктів, якими він користується в рамках свого вибору та ситуації, в яких він взаємодіє з цими об'єктами. Тобто в даному випадку головна увага приділяється динамічному аспекту контексту. Послідовність взаємодії споживача і контексту відображається у вигляді послідовності відповідних подій.

З точки зору формування рекомендацій контекст є простором станів об'єктів, з якими взаємодіє користувач. Простір станів об'єктів задається через значення їх властивостей. В даному випадку головна увага приділяється статичному аспекту контексту. Відповідно, зміну значень підмножини властивостей об'єкта у часі доцільно розглядати як реалізацію зв'язків між об'єктами в локальному контексті.

Таким чином, контекст неявно обмежує простір можливих рішень людини [8] та простір вибору і упорядкування рішень в рекомендаційних системах.

У відповідності до наведеного визначення контексту, постановка задачі побудови рекомендацій з використанням контекстної колаборативної фільтрації полягає в тому, що потрібно сформулювати функцію рейтингу у вигляді:

$$R: U \times E \times C_s \times C_d \rightarrow Rating, \quad (1)$$

де U – множина споживачів;

E – множина об'єктів, відносно яких роблять вибір споживачі;

C_s – статична складова контексту;

C_d – динамічна складова контексту;

Відмінність даної постановки задачі від існуючих полягає в тому, що контекст розглядається як з точки зору користувача (динамічна складова), так і з точки зору формування рекомендацій (статична складова). Це дає можливість пов'язати події, що впливають на вибір споживача, із зміною властивостей об'єктів, оскільки достовірна інформація про події в більшості випадків відсутня в рекомендаційній системі.

Для того, що зв'язати статичну та динамічну складові при відсутності достовірної інформації щодо останньої пропонується розгорнути вподобання споживача в темпоральному аспекті, тобто зв'язати послідовність подій із властивостями об'єктів, що цікавлять споживача.

Наприклад, вранці споживач вибирає каву відповідної торгової марки, вдень – книгу відомого автора, на вихідних – товари для догляду за садом, тощо. Сукупність цих подій формує розгорнутий у часі шаблон поведінки користувача.

Для формування патерну поведінки користувача пропонується використовувати принципи локальності та зв'язності.

Інтеграція статичної та динамічної складової контексту на основі принципів локальності та зв'язності. Запропоновані принципи локальності та зв'язності контекстів прийняття рішень споживачів відображають неповноту інформації про контекст у споживача та забезпечують можливість реалізувати практичну потребу інтегрувати цю інформацію для автоматизованого формування рекомендацій.

Відповідно до першого принципу, кожен споживач оперує лише з підмножиною об'єктів предметної області. Більш того, кожен з об'єктів для споживача характеризується лише підмножиною доступних йому властивостей.

Відповідно до принципу зв'язності при побудові контексту прийняття рішень для рекомендаційної системи необхідно враховувати відношення еквівалентності, схожості та сумісності:

$$\forall e_{ij} \in c_k^l \exists e_{ij}^{**} \in c_k^m, \\ c_k^l \in C^l, c_k^m \in C^M, \\ E_q: e_{ij}^* = e_{ij}^{**} \Rightarrow c_k^l \equiv c_k^m, \quad (2)$$

$$Ng: e_{ij}^* \subseteq e_{ij}^{**} \Rightarrow c_k^l \subseteq c_k^m, c_k^m | e_{ij}^{**} \in c_k^l, c_k^m,$$

$$C_p: e_{ij}^* \neq e_{ij}^{**} \Rightarrow c_k^l \setminus e_{ij}^* \equiv c_k^m \setminus e_{ij}^{**},$$

де c_k^m, c_k^l – реалізація локального контексту для споживачів l та m ;

$e_{ij}^* \in c_k^l \exists e_{ij}^{**}$ – одного й того ж об'єкту e_{ij} в контексті споживачів l та m ;

C^l, C^M – локальні контексти споживачів;

E_q – відношення еквівалентності;

Ng – відношення схожості;

C_p – відношення сумісності.

Відношення еквівалентності визначає, що при об'єднанні локальних контекстів споживачів з однаковими властивостями об'єктів використовуються звичайні правила теорії множин.

Відношення схожості задає послідовність об'єднання локальних контекстів у випадку різної деталізації властивостей. Відношення сумісності визначає правило об'єднання контекстів у випадку протиріч у представленні властивостей.

У відповідності до наведених принципів пропонується розглядати контекстно-орієнтовану підготовку рекомендацій як коопераційну процедуру, показано на рис.1.

В рамках цієї процедури проблема побудови рекомендацій вирішується шляхом циклічної взаємодії користувача з рекомендаційною системою з урахуванням контекстних знань та поточного стану контексту. Користувач враховує контекст при прийнятті рішень щодо формування рейтингів об'єктів.

Ці рейтинги використовуються рекомендаційною системою для побудови рейтингу нових об'єктів, які можуть бути цінними для користувача. По мірі включення даних про нових користувачів проводиться уточнення контексту прийняття рішень цими користувачами, що дає можливість підвищити релевантність рекомендацій у таких випадках:

- «холодний старт» рекомендаційної системи;
- циклічні зміни вподобань користувачів;
- подієві зміни інтересів користувачів.

Так, при вирішенні проблеми «холодного старту» [9, 10] спочатку формується рейтинг об'єктів без урахування контексту

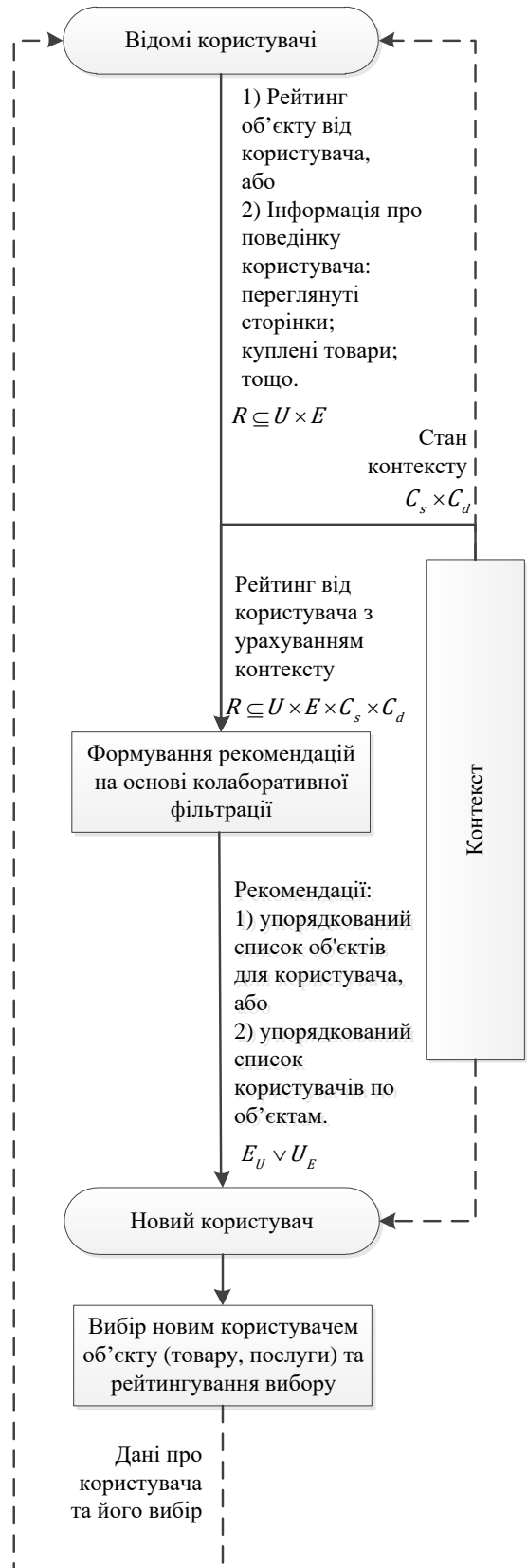


Рис. 2. Цикл уточнення рейтингу з урахуванням поточного стану контексту

В подальшому при кожному новому циклі виставлення рейтингів користувачем та побудови рекомендацій ітеративно додається контекст.

Циклічні зміни вподобань користувачів відображують одну із складових контексту прийняття рішень, наприклад сезонні зміни інтересів клієнтів.

При формуванні рекомендацій в даному випадку формується підмножина об'єктів та подій контексту, які безпосередньо пов'язані із циклом зміни інтересів споживачів. Події зміни в більшості випадків розглядаються як зміни «ad hoc», тобто разові зміни, які є результатом важливих для клієнта подій.

Такі події доцільно класифікувати наступним чином.

По-перше, це глобальні події, що характеризують довготривалі тенденції вподобань користувачів.

Наприклад, в зв'язку з різкою зміною матеріального стану користувачів в результаті економічної кризи 2008 року змінилися їх пріоритети з урахуванням цінового критерію. Проведений закордонними виробниками аналіз пріоритетів при виборі засобів косметики для покупців у нашій країні показав, що ключовими факторами при виборі косметичних засобів є їх склад, діючі компоненти та ціна.

По-друге, локальні події для соціальних груп користувачів, які призводять до зміни сфери їх інтересів. Наприклад, зміна роботи, навчального закладу, місця проживання, тощо.

По-третє індивідуальні події окремих користувачів, які не можуть бути генералізовані для груп клієнтів.

В цілому слід зазначити, що циклічні зміни можуть бути зведені до подієвих шляхом формування множини упорядкованих послідовностей подій π_s виду:

$$\{(\pi_1, \pi_2, \dots, \pi_s, \dots, \pi_s)\}; \forall \pi_s \exists R: e_{ij} \rightarrow \pi_s, \quad (3)$$

де R – відображення, що ставить у відповідність кожній події об'єкт, з яким ця подія виникла.

В свою чергу, уточнення вподобань користувачів в ситуації холодного старту виконується циклічно, як показано на рис. 1. Тому для підвищення релевантності рекомендацій в даній ситуації доцільно також моделювати підтримку вибору користувачів у вигляді послідовності подій, аналогічно (3).

Таким чином, деталізація першого принципу призводить нас до необхідності врахувати підмножину статичних та динамічних характеристик предметної області, що впливає на вибір клієнта.

Деталізація другого принципу передбачає поєднання послідовностей подій (3) для різних об'єктів e_{ij} у відповідності до відношень еквівалентності, схожості та сумісності (2).

Підхід до формування контексту прийняття рішень для рекомендаційної системи на основі принципів локальності та зв'язності містить у собі фази об'єднання статичної та динамічної складової контексту.

Фаза інтеграції статичної складової контексту виконується відповідно до виразу (2). Поєднуються атрибути об'єктів, які визначають їх важливі для споживача властивості.

Фаза інтеграції динамічної складової контексту містить у собі такі етапи.

Етап 1. Формування змін вподобань користувачів у вигляді послідовностей подій. На даному етапі виконується аналіз послідовностей упорядкованих у часі множин трійок «об'єкт-властивість-значення властивості». Кожна така множина характеризує суттєві властивості об'єкту у зафіксований момент часу.

Подією π_s будемо називати зміну значення властивості за умови безпосереднього слідування зазначених трійок.

Етап 2. Виявлення патернів подій методами інтелектуального аналізу даних. На цьому етапі виявляється циклічність подій у вигляді відповідних частотних патернів та формуються послідовності $(\pi_1, \pi_2, \dots, \pi_s, \dots, \pi_s)$.

Результатами наведених двох етапів є множина патернів подій, пов'язаних із об'єктами цікавості споживача. Тобто реалізується item-based опис контексту. Для видачі рекомендацій конкретним споживачам необхідно також реалізувати user-based підхід.

Етап 3. Виділення патернів поведінки по споживачам. На даному етапі фільтруються результати етапу 2 по конкретним споживачам.

Етап 4. Поєднання патернів поведінки по групам споживачів за заданими признаками груп. На даному етапі поєднуються патерни поведінки схожих споживачів з тим, щоб отримати множину упорядкованих послідовностей подій (3), що враховує контекст вибору споживача.

Етап 5. Доповнення шаблону подій (3) атрибутами об'єктів, отриманих в результаті першої фази. На даному етапі виконується поєднання статичної та динамічної складової контексту з використанням відображення R .

Висновки. Розглянуто проблему релевантності вхідних даних в рекомендаційних системах. Виникнення даної проблеми пов'язано з недоліками вхідних даних в задачах колаборативної фільтрації: значною розрідженістю матриць оцінок /покупок.

Для вирішення цієї проблеми пропонується враховувати локальні контексти споживачів, що відповідають їх вибору в матриці вхідних даних колаборативної фільтрації. Використання контексту дає можливість задати обмеження на можливі варіанти рекомендації.

Для підвищення якості роботи в рекомендаційній системі необхідно узагальнити локальні контексти споживачів з урахуванням неповноти і протиріччя в даних. Таке узагальнення виконується з урахуванням принципів локальності і зв'язності.

У відповідності до цих принципів, необхідно поєднати статичний та динамічний аспекти контексту. Перший представлений у вигляді властивостей об'єктів, які цікавлять споживача. Другий – у вигляді патернів подій, що відображують поведінку споживача відносно цих об'єктів. Кожна подія відображає зміну однієї властивості об'єкту.

Запропоновано підхід до формування контексту прийняття рішень для рекомендаційної системи, що реалізує вказані принципи. Підхід містить у собі послідовні фази інтеграції статичної та динамічної складових контексту, які використовують відношення еквівалентності, схожості та сумісності. При реалізації цих фаз формуються item-based та user-based опис контексту, після чого ці описи поєднуються.

Практичне значення запропонованого підходу полягає в тому, що він забезпечує підвищення точності рекомендацій за рахунок видалення нерелевантних вхідних даних з урахуванням контексту прийняття рішень споживачем.

Список літератури

- Aggarwal C. C. *Recommender Systems: The Textbook*. New York: Springer, 2017. 498 p.
- Abowd G., Atkeson C., Hong J., Long S., Kooper R., Pinkerton M. Cyberguide: A mobile context-aware tour guide. *Wireless Networks*. 1997. 3(5). P. 421–433.
- Herlocker J. L., Konstan J. A., Terveen L. G., Riedl J. T. Evaluating collaborative filtering recommender systems. *ACM Transactions on Information Systems (TOIS)*. 2004. Vol. 22, №1. P. 5–53.
- Abowd G., Dey A., Brown P., Davies N., Smith M., Steggle P. Towards a better understanding of context and context-awareness. *Handheld and Ubiquitous Computing*. 1999. P. 304–307.
- Adomavicius G., Sankaranarayanan R., Sen S., Tuzhilin A. Incorporating contextual information in recommender systems using a multidimensional approach. *ACM Transactions on Information Systems*. 2005. 23(1). P. 103–145.
- Linden G., Smith B., York J. Amazon.com recommendations: Item-to-item collaborative filtering. *Internet Computing, IEEE*. 2003. Vol. 7, № 1. P. 76–80.
- Adomavicius G., Tuzhilin A. *Context-aware recommender systems*. Recommender Systems handbook. Springer, NY, 2011. P. 217–253.
- Adomavicius G., Tuzhilin A. Incorporating context into recommender systems using multidimensional rating estimation methods. *International Workshop on Web Personalization, Recommender Systems and Intelligent User Interfaces (WRSIU)*. 2005. P. 3–13.
- Shaw Gavin, Xu Yue. *Using Association Rules to Solve the Cold-Start Problem in Recommender Systems*. QUT Digital Repository. URL: <http://eprints.qut.edu.au/40176>. (дата звернення: 24.05.2018).
- Sobhanam Hridya, Mariappan A. K. Addressing cold start problem in recommender systems using association rules and clustering technique. *International Conference on Computer Communication and Informatics (ICCCI- 2013)*. Coimbatore, India, 2013. P. 402–411.
- Adomavicius G., Tuzhilin A. Towards the Next Generation of Recommender Systems. *A Survey of the State-of-the-Art and Possible Extensions*. IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering. 2005. №. 17. P. 634–749.
- Baltrunas L., Ludwig B., Peer S., Ricci F. Context-Aware Places of Interest Recommendations for Mobile Users. *Proceedings of the 14th International Conference on Human-Computer Interaction*. Berlin, Springer, 2011, pp. 531–540.
- Agarwal D., Chen B. C., Long B. Localized factor models for multi-context recommendation. *ACM KDD Conference*. 2011. P. 609–617.
- Chalaya O.V. Pryntsyp ta metod evoliutsiinoi pobudovy bazy znan' na osnovi analizu logiv IS protsesnogo upravlinnia [Development of knowledge base after results of analysis of the logs of the process management information system]. *Naukovo-tekhnichnyi zhurnal «Bionika intelektu»* [Scientific and Technical Journal "Bionics of Intellect"]. Kharkiv, NURE, 2017, no. 1(88), pp. 80–84.

References (transliterated)

- Aggarwal C. C. *Recommender Systems: The Textbook*. Springer, New York, 2017. 498 p.
- Abowd G., Atkeson C., Hong J., Long S., Kooper R., Pinkerton M. Cyberguide: A mobile context-aware tour guide. *Wireless Networks*. 1997, no. 3(5), pp. 421–433.
- Herlocker J.L., Konstan J.A., Terveen L.G., Riedl J.T. Evaluating collaborative filtering recommender systems. *ACM Transactions on Information Systems (TOIS)*. 2004, vol. 22, no. 1, pp. 5–53.
- Abowd G., Dey A., Brown P., Davies N., Smith M., Steggle P. Towards a better understanding of context and context-awareness. *Handheld and Ubiquitous Computing*. 1999, pp. 304–307.
- Adomavicius G., Sankaranarayanan R., Sen S., Tuzhilin A. Incorporating contextual information in recommender systems using a multidimensional approach. *ACM Transactions on Information Systems*. 2005, no. 23(1), pp. 103–145.
- Linden G., Smith B., York J. Amazon.com recommendations: Item-to-item collaborative filtering. *Internet Computing, IEEE*. 2003, vol. 7, no.1, pp. 76–80.
- Adomavicius G., Tuzhilin A. *Context-aware recommender systems*. Recommender Systems handbook. Springer, NY, 2011, pp. 217–253.
- Adomavicius G., Tuzhilin A. Incorporating context into recommender systems using multidimensional rating estimation methods. *International Workshop on Web Personalization, Recommender Systems and Intelligent User Interfaces (WRSIU)*. 2005, pp. 3–13.
- Shaw Gavin, Xu Yue. *Using Association Rules to Solve the Cold-Start Problem in Recommender Systems*. [QUT Digital Repository]. Available at: <http://eprints.qut.edu.au/40176> (accessed 24.05.2018).
- Sobhanam Hridya, Mariappan A.K. Addressing cold start problem in recommender systems using association rules and clustering technique. *International Conference on Computer Communication and Informatics (ICCCI- 2013)*. Coimbatore, India, 2013, pp. 402–411.
- Adomavicius G., Tuzhilin A. Towards the Next Generation of Recommender Systems. *A Survey of the State-of-the-Art and Possible Extensions*. IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering, 2005, no. 17, pp. 634–749.
- Baltrunas L., Ludwig B., Peer S., Ricci F. Context-Aware Places of Interest Recommendations for Mobile Users. *Proceedings of the 14th International Conference on Human-Computer Interaction*. Berlin, Springer, 2011, pp. 531–540.
- Agarwal D., Chen B. C., Long B. Localized factor models for multi-context recommendation. *ACM KDD Conference*. 2011, pp. 609–617.
- Chalaya O.V. Pryntsyp ta metod evoliutsiinoi pobudovy bazy znan' na osnovi analizu logiv IS protsesnogo upravlinnia [Development of knowledge base after results of analysis of the logs of the process management information system]. *Naukovo-tekhnichnyi zhurnal «Bionika intelektu»* [Scientific and Technical Journal "Bionics of Intellect"]. Kharkiv, NURE Publ., 2017, no. 1(88), pp. 80–84.

Надійшло (received) 31.05.2018

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Лещинський Володимир Олександрович (Лещинский Владимир Александрович, Leshchynskiy Volodymyr Oleksandrovich) – кандидат технічних наук, доцент, Харківський національний університет радіоелектроніки, доцент кафедри програмної інженерії, м. Харків, Україна; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8690-5702>; e-mail: volodymyr.leshchynskiy@nure.ua

Лещинська Ірина Олександрівна (Лещинская Ирина Александровна, Leshchynska Irina Oleksandrivna) – кандидат технічних наук, доцент, Харківський національний університет радіоелектроніки, доцент кафедри програмної інженерії, м. Харків, Україна; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8737-4595>; e-mail: iryna.leshchynska@nure.ua